Episodis significatius de pluges de fang ocorregudes els mesos de febrer i març de 2004 a Mallorca (Mediterrània occidental)

Joan J. FORNÓS, Lluís A. FIOL i José A. GUIJARRO

SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA NATURAL DE LES BALEARS

Fornós, J.J., Fiol, Ll.A. i Guijarro, J.A. 2004. Episodis significatius de pluges de fang ocorregudes els mesos de febrer i març de 2004 a Mallorca (Mediterrània occidental). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 47: 43-50. ISSN 0212-260X. Palma de Mallorca.

Es descriuen les condicions atmosfèriques i les característiques texturals i mineralògiques de les pluges de fang i deposició seca ocorregudes els dies 20/21 de febrer i 14 de març respectivament de 2004. Es caracteritzen per la distribució en tota l'illa de Mallorca, i pel volum extraordinari de deposició (11,32 g m^{-2}) que igualaria en un sol episodi la deposició mitjana anual calculada per a Mallorca. En la composició mineralògica destaca la presència important de minerals de les argiles que va lligada a una disminució de la mida de gra (11,1 μm) en comparació amb els valors mitjans obtinguts en altres episodis durant el període 1983-2003.
Paraules clau: *pluja de fang, deposició seca, anàlisi granulomètrica, mineralogia, Mallorca.*

SIGNIFICANT DUST RAIN ON FEBRUARY AND MARCH OF 2004 EPISODES IN MALLORCA (WESTERN MEDITERRANEAN). Atmospheric conditions and texture and mineralogical characteristics of sediment samples collected during dust rains and dry deposition episodes of 20/21 February and 14 March of 2004 respectively are described. That event is exceptional not only because of its extension affecting all the island of Mallorca but for its depositional volume (11,32 g m^{-2}) similar to the mean obtained values for the whole year. Clay minerals present an elevated percentage in the global mineralogical composition related with the mean grain size lower (11,1 μm) than the mean values obtained during the dust deposition events occurred in Mallorca during the 1983-2003 period.
Keywords: *dust rain, dry deposition, grain-size analysis, mineralogy, Mallorca.*

Joan J. FORNÓS, Dept. Ciències de la Terra, Universitat de les Illes Balears. Ctra. Valldemossa, km. 7,5. 07122 Palma (Illes Balears). Email: joan.fornos@uib.es; Lluís A. FIOL Dept.de Biologia Universitat de les Illes Balears. Ctra. Valldemossa, km. 7,5. 07122 Palma (Illes Balears); José A. GUIJARRO, Instituto Nacional de Meteorología. Centro meteorológico en Illes Balears; Muelle de Poniente s/n (Portopí), 07071 Palma.

Recepció del manuscrit: 7-jun-04; revisió acceptada: 9-des-04.

Introducció

Encara que fa uns anys els treballs publicats sobre pluges de fang a les Illes Balears eren escassos i fragmentaris, darrerament la informació disponible damunt aquest fenomen comença a ésser significativa. Així el treball de Fornós *et al.* (1997) dóna a conèixer aspectes mineralògics, texturals i sedimentaris de la pols resultant de les pluges de fang. Fiol i Guijarro (2000) estudien sis deposicions seques peculiars en que la pols es presenta concrecionada en forma d'esfèrules i les condicions meteorològiques que propicien aquest fenomen; Fiol *et al.* (2001) endemés consideren en detall les condicions meteorològiques d'una relació de 222 pluges de fang. Finalment Fiol *et al.*, (en premsa) han estudiat el fenomen recopilant les pluges registrades (catalogades) entre 1982 i 2003 i considerant múltiples aspectes del citat fenomen.

Dins d'aquest context informem sobre dues pluges de fang que considerem peculiars. Una (20/21 de febrer de 2004) per la baixa freqüència i excepcionalitat durant el mes de febrer (Fiol *et al.*, en premsa) i per volum de mostra recollida, la segona en g m^{-2} mai enregistrada durant els 23 anys de mostreig. I l'altre (14/03/04) per tractar-se d'una deposició seca, la més important en volum de les conegudes fins a l'actualitat.

Els objectius del present treball són la caracterització de la situació meteorològica en que s'han donat aquestes deposicions, així com la descripció tant textural com mineralògica dels sediments recollits que han estat en dues àrees de Mallorca el màxim d'allunyades, Palma i Alcúdia. Finalment, es comparen els resultats amb valors obtinguts de mostres recollides en altres episodis de pluges de fang i es posa de manifest aquesta excepcionalitat.

Resultats

Situació meteorològica

La situació meteorològica era la típica d'aquests fenòmens: baixes pressions al nord d'Àfrica promouen tempestes que aixequen la pols de les zones desèrtiques, al temps que indueixen un flux atmosfèric regional de sud cap a nord, que arrossega aquesta pols cap a la mar Mediterrània. Durant el transport atmosfèric es produeix una sedimentació amb velocitat variable, segons la granulometria, de manera que la fracció més fina pot arribar a distàncies considerables (nord de França, Illes Britàniques, ...), a no ser que sigui literalment rentada de l'aire per una precipitació aquosa generalment de pluja, però ocasionalment també de neu.

La situació depressionària afavoreix que es donin aquestes pluges, que no solen ser molt

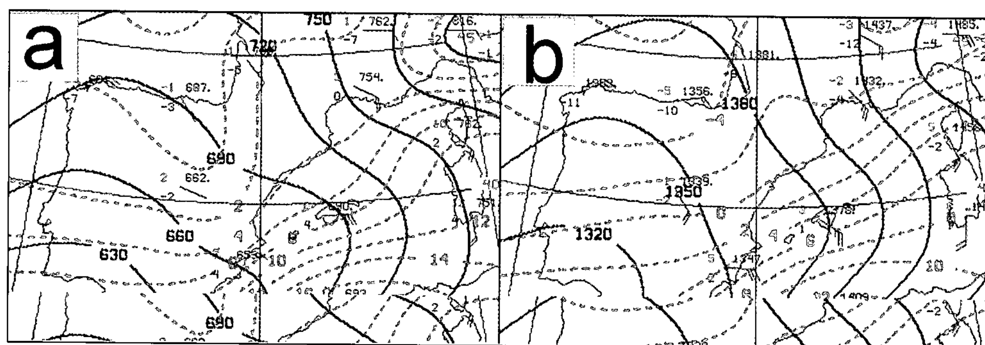


Fig. 1. Anàlisis meteorològics de superfícies isobàriques del dia 20-2-2004 a les 12 h UTC. Les línies contínues indiquen l'altura geopotencial (m) de la topografia isobàrica, i les línies discontínues la temperatura (°C). a) Superfície de 925 hPa; b) Superfície de 850 hPa.

Fig. 1. *Meteorological analyses of isobar surfaces of 20-february-2004 at 12 UTC. Isohipse map (m) (continuous line) and isotherms (°C) (dashed line); a) at 925 hPa level and b) at 825 hPa.*

abundants, donat que l'aire provenint del nord d'Àfrica, sec i relativament càlid, extreu per evaporació una part del contingut d'aigua de les gotes de pluja que, provenint de més a dalt, la travessen. Les gotes que assoleixen la terra, emperò, arriben en forma de fang, carregades de tota la pols que han rentat mentre travessaven la massa d'aire africana.

Les anàlisis de la situació meteorològica de dia 20 a les 12 hores UTC mostren que al nivell de 925 hPa (a uns 700 m d'altitud, veure la figura 1a) el flux atmosfèric és de component sud, amb una observació de 35 nusos a la costa argelina, i hi ha un fort gradient de temperatura, des dels 8°C al sud de Mallorca fins als més de 20°C a Algèria. Més amunt, al nivell de 850 hPa (uns 1400 m d'altitud, Fig. 1b) la situació és similar, amb vents de 40 nusos del sud-oest a la costa argelina i de 25 nusos del sud-est a Palma. Aquest vent tan fort deu ser responsable del caràcter extraordinàriament abundant de la pluja de fang d'aquest dia.

A les imatges del satèl·lit *Meteosat* (no mostrades) no es pot apreciar la taca de pols degut a l'abundant nuvolositat que hi havia a tota la zona.

El dia 14 de març la situació és similar, però el vent és considerablement més fluix, com indica la major separació de les línies d'altura geopotencial a la Fig. 2 (aquest dia no hi va haver informació de la costa argelina). El vent està més allevantat, degut a la posició més cap al sud de les baixes pressions.

Anàlisi graulomètrica

De les mostres obtingudes es va realitzar una anàlisi granulomètrica mitjançant un aparell analitzador de mida de partícula COULTER, LS obtenint la representació gràfica mitjançant un histograma de freqüències i la corba acumulativa. Endemés es van obtenir els paràmetres granulomètrics i estadístics aritmètics elementals.

De les dades obtingudes (Fig. 3) s'observa que pràcticament la totalitat de la mostra es tracta de llims (95,7% en el cas d'Alcúdia i 83,5 % per a la mostra de Palma). La fracció més fina, argila, oscil·la entre un 2,4% per Alcúdia a 16,5% en el cas de Palma. La proporció de material més gruixat (arena molt fina) és tan sols testimonial (1,9% en el cas d'Alcúdia).

El valor mitjà de la mida de gra (taula 1) ens indica que es tracta de llims de gra mitjà seguint l'escala de Friedmann i Sanders (1978), essent els valors per al cas de les mostres d'Alcúdia 4 mm superiors (13,2 µm) que per al cas de la mostra de Palma (9,1 µm), totes dues però entren dins l'interval de llims de gra mitjà. Aquests valors doncs, amb l'afegitó de la proporció d'arenes molt fines que hem comentat anteriorment indicarien un lleuger increment de la mida de gra per a la deposició enregistrada en la zona d'Alcúdia.

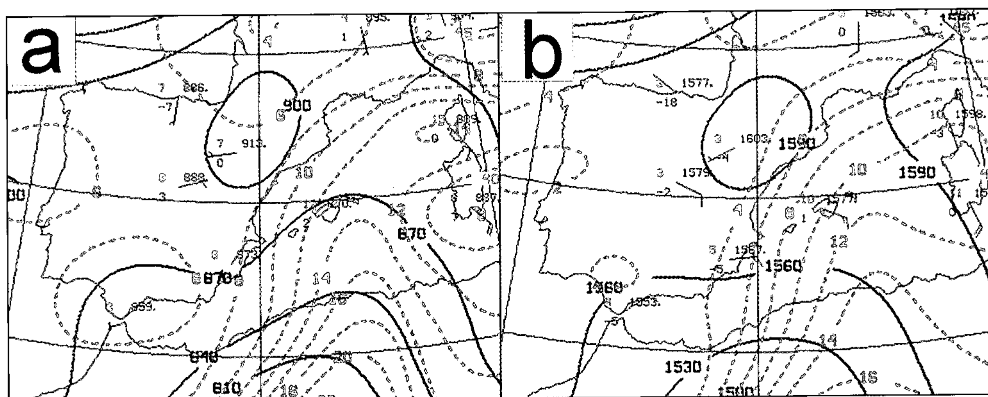


Fig. 2. Anàlisis meteorològics de superfícies isobàriques del dia 14-3-2004 a les 12 h UTC. a) Superfície de 925 hPa; b) Superfície de 850 hPa.

Fig. 2. *Meteorological map corresponding to 14-march-2004 at 12 UTC. a) at 925 hPa level and b) at 825 hPa.*

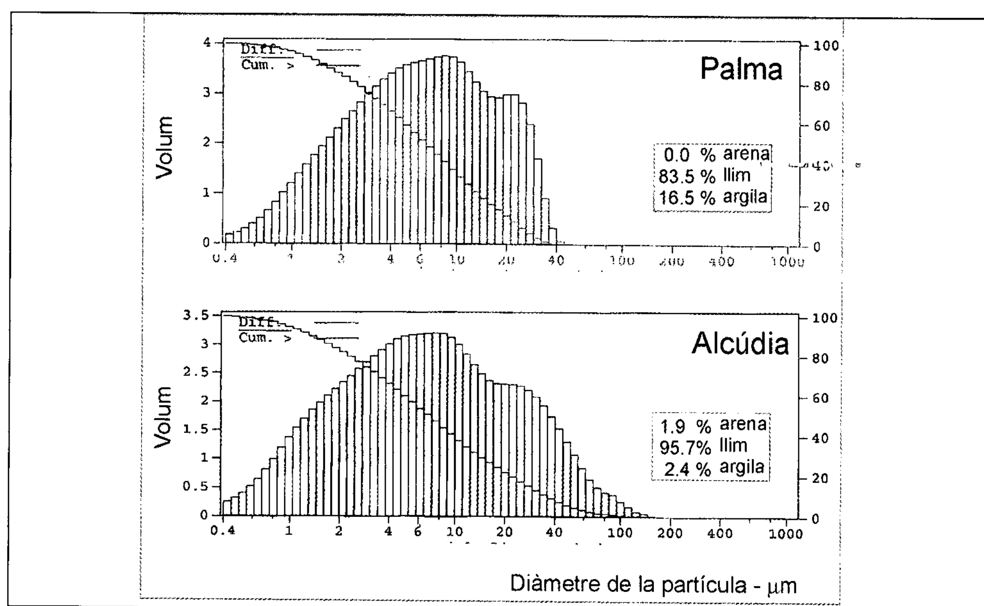


Fig. 3. Representació gràfica (histograma de freqüències i corba cumulativa) de les dades texturals de les mostres recollides durant l'episodi de 20/21 de febrer de 2004.

Fig. 3. *Graphic representation (frequency histogram and cumulative curve) of collected samples during the 20/21 february 2004 event.*

En ambdós casos la distribució de freqüències és molt similar (Fig. 3). Es tracta d'una corba unimodal amb una moda pràcticament idèntica i dins del mateix interval (7,6 i 8,5 llims de gra fi) amb una lleugera tendència a la bimodalitat mostrant la corba un petit increment entre els 20 i 30 µm (llims de gra gruixat). En ambdós casos es tracta d'una corba amb asimetria cap a la dreta (*right skeewed*) i amb leptokurtosi.

Anàlisi mineralògica

Les mostres recol·lectades tan a la zona de Palma com d'Alcúdia van ser tractades i analitzades mitjançant difractometria de raigs X seguint la metodologia descrita per Hardy i Tucker (1988) per tal d'avaluar la composició mineralògica tan des d'un punt de vista qualitatiu com semiquantitatiu. Els difractogrames resultat dels anàlisis es poden observar a la Fig. 4.

Els resultats de l'anàlisi semiquantitativa dels difractogrames es pot observar a la Taula 2. Tant les mostres recollides a Palma com les d'Alcúdia presenten una composició similar amb molt poca variació. Fent la mitjana de totes les mostres veiem que el major percentatge correspon als silicats (43,3%) seguits dels minerals del grup de les argiles (32,3%) i finalment els carbonats (24,5%). Dins dels silicats el quars representa el component principal amb valors superiors al 43%, mentre que tant feldspats potàsics com plagiòclasis estan al voltant del 5%. Els carbonats estan representats per la calcita amb percentatges d'un 20% i en menor proporció (un 4%) la dolomita. Destaca l'important volum percentual dels minerals de les argiles en comparació amb altres deposicions humides recol·lectades a Mallorca, encara que la composició mineralògica sigui la mateixa. Tots els minerals (montmorillonita, palygorskita, illita, kaolinita, montmo-rillonita/illita i montmorillonita/clorita) presenten un valors similars al voltant del 5%.

Càlcul del volum de la deposició

El volum del material dipositat durant tot l'episodi corresponent a les pluges del 20/21 de

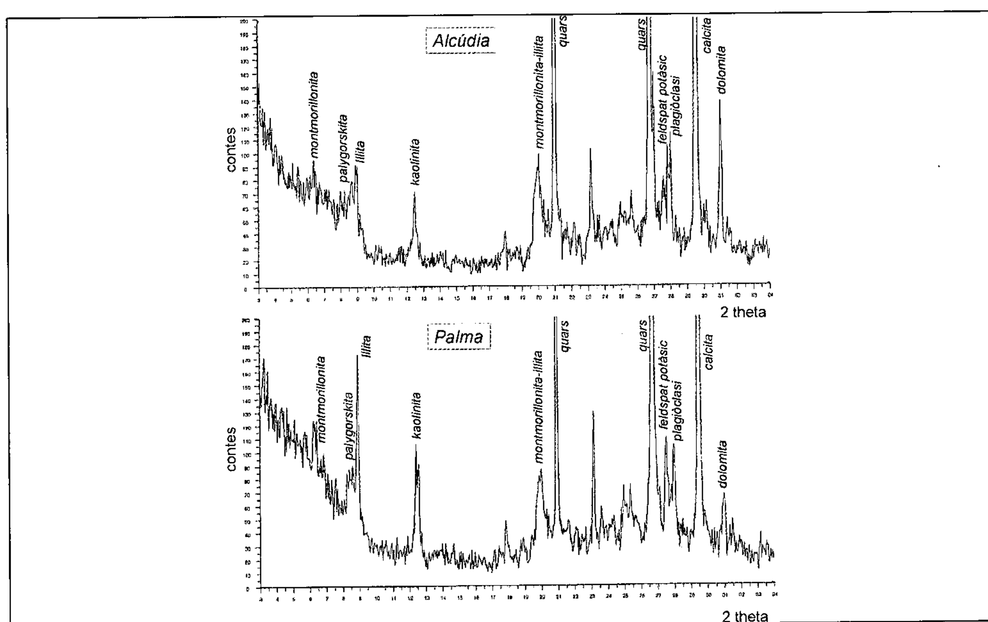


Fig. 4. Difractogrames de raigs-X de la pols recollida durant l'episodi de pluja de fang a les localitats de Palma i Alcúdia de 20/21 de febrer de 2004; i de deposició seca a Palma durant l'episodi de 14 de març de 2004.

Fig. 4. *X-ray diffractograms of muddy rains collected in Palma and Alcúdia localities during the 20/21 february 2004 event; and dry deposition event collected in Palma on march 14, 2004.*

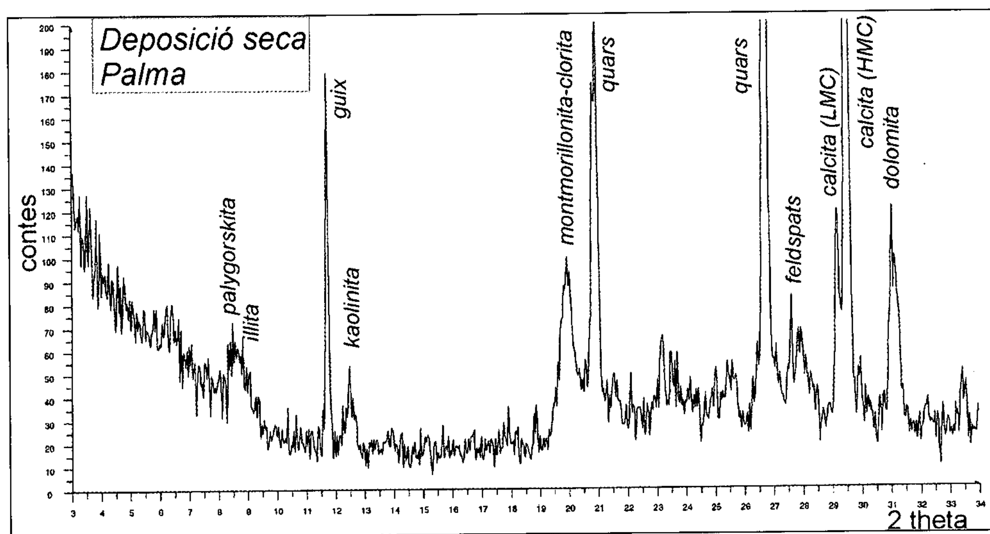


Fig. 5. Difractogrames de raigs-X de la pols recollida durant l'episodi de deposició seca a Palma el 14 de març de 2004. Notis la presència de guix i d'halita (fletxa).

Fig. 5. *X-ray diffractograms of sediment collected during the dry deposition event accounted in Palma on march 14, 2004. Notice the presence of gypsums and halite (arrow).*

Mostra	(μm) mitjana	mediana	raó m/M	moda	desv. st.	skewness	kurtosis
Palma	9.1	6.2	1.47	8.5	8.2	1.3	1.0
Alcúdia	13.2	6.6	1.99	7.6	16.9	2.6	9.0
M22anys*	57.2	27.4	2.15	30.3	83.2	2.7	9.6
Mitjana (20/21 II 04)	11.2	6.4	1.73	8.1	12.6	2.0	5.0

*) mitjanes corresponents a les deposicions quantificables recollides durant el període 1982-2003.

Taula 1. Anàlisi granulomètrica i paràmetres texturals de les mostres recollides durant l'episodi de 20/21 de febrer de 2004.
Table 1. *Granulometric analysis and textural parameters of collected samples during the 20/21 february 2004 event.*

febrer de 2004, s'ha calculat pesant el material recollit damunt una superfície plana de 3,5 m^2 en el cas d'Alcúdia i de dues mostres recollides en dues superfícies diferents de 0,2 m^2 cada una per a Palma. Els valors obtinguts han estat de 12,25 g m^{-2} per Alcúdia i d'una mitjana per a las mostres de Palma de 11,32 g m^{-2} (11,17 i 11,46 g m^{-2}).

Donada la generalització de la deposició en tota l'àrea illenca, podem extrapolar una valors totals de material particulat transportat i dipositat dins l'àrea mallorquina que suposant un àrea aproximada de 3.640 km^2 representaria un volum que podria oscil·lar entre 11,32 t km^{-2} i 12,25 t km^{-2}, és a dir un valor total d'aport sedimentari per a Mallorca en un sol episodi de entre 40.768 i 44.517 t. Això ens indicaria un valor aproximat a les 40.000 tones. Aquest valors ens indicarien, o no, l'excepcionalitat de l'episodi, al menys dins el període de recurrència mostrejat (23 anys).

Deposició seca del dia 14 de març de 2004

Un altre fenomen semblant, relacionat amb aquesta pols procedent del nord d'Àfrica, tingué lloc el 14 de març de 2004, amb la particularitat

	Mont	Paly	Illi	Guix	Kaol	M/C/I	Quar	FK	Plag	Calc	Dolo
pluja de fang (20/21 feb 2004)											
Palma	6.9	7.3	6.8	-	5.9	8.4	31.8	5.8	5.1	17.8	4.1
Alcúdia	4.1	4.7	5.0	-	5.1	10.2	35.1	3.1	5.2	22.8	4.2
deposició seca (14 mar 2004)											
Palma	i	9.4	i	5.1	4.7	13.6	29.9	2.8	2.0	21.9	9.2
pluja de fang (període 1982 – 2003)											
mitjana*	i	1.1	1.3	-	2.5	s.d	54.1	2.0	5.9	26.1	9.4

i : indicis; s.d : sense dades; * : Fiol *et al.*, en premsa.
Mont: montmorillonita; Paly: palygorskita; Illi: illita; Guix: guix; Kaol: kaolinita; M/C /I: montmorillonita-clorita i montmorillonita-illita; Quar: quars; FK: Feldspat potàsic; Plag: plagiòclasi; Calc: calcita; Dolo:dolomita.

Taula 2. Composició mineralògica dels sediments recollits en pluges de fang i deposició seca.
Table 2. *Mineralogical composition of sediments collected during dust rains and dry deposition.*

que la pluja de fang (deposició humida) va ésser molt escassa i a continuació es produí una deposició seca que considerem la més important de les enregistrades fins ara (Fiol et al., in press).

La mostra recollida en una superfície plana de 26,5 x 16 cm (424 cm^2) i de color marró (7,5YR 5/4) prou diferent que en les altres ocasions amb deposicions humides on sol presentar un color groc vermellós (7,5YR 6/6), suposà una taxa de deposició de 0,7 g m^{-2}. Això implicaria uns 700 kg km^{-2}, és a dir un volum total pel que respecta a la totalitat de l'illa de Mallorca de 2.548 tones.

La mineralogia del sediment recollit en la deposició seca (Fig. 5) presenta una composició similar amb altres mostres corresponents a pluges de fang (Taula 2). Els minerals predominants són els silicats (34,7%) encara que tant carbonats (31,1%) com els minerals del grup de les argiles (29,1 %) presenten valors similars. Destaca només la presència de guix (5.1%) i d'indicis d'halita amb un elevat contingut de potasi, la qual cosa seria indici d'àrea font diferent de les deposions humides abans esmentades.

Discussió i conclusions

L'excepcionalitat de l'episodi de pluja de fang a tota l'illa de Mallorca, així com el volum visible de la deposició de fang, que va ser portada a la major part de la premsa local, són el primer motiu pel qual ens vam proposar la descripció acurada de l'aconteixement.

De les dades obtingudes i descrites anteriorment, podem indicar que des del punt de vista meteorològic les condicions van ser les mateixes en les quals se solen desenvolupar aquest aconteixements (Fiol *et al.,* 2001; en premsa), l'única variació és que la freqüència de les mateixes acostuma a ésser durant els mesos més calents de l'any (amb màxims a l'estiu), mentre que en aquest cas es donà durant el mes de febrer (tradicionalment dels més freds).

Les dades granulomètriques, també ens vénen a indicar una certa excepcionalitat. Els valors mitjans de mida de gra donen un valor al voltant de 11,1 μm (llims de gra mig), és a dir un valor molt més fi dels valors normalment mesurats en altres episodis a Mallorca que, encara que molt variables, oscil·len en valors mitjans entre 20 i 128 μm (llims de gra gruixat a arenes molt fines a fines). En aquest cas, els valors s'assemblen més als d'altres localitats mediterrànies (Nihlèn i Olson, 1995; Rapp, 1984; Avila, 1999; Le Bolloch *et al.,* 1996; Bergametti *et al.,* 1989; etc.) deixant de banda la proximitat fins ara suposada a l'àrea font per explicar la mida de gra més grossa normalment observada (Fiol *et al.,* 2001). En l'episodi que ens ocupa aquesta proximitat implicaria un major volum.

Així analitzant el volum de la deposició, s'ha de remarcar, a part del fet de la taxa de deposició, l'extensió a pràcticament tota l'illa de Mallorca. Els volums mitjans enregistrats de 11,63 g m^{-2}, són realment una excepcionalitat si tenim present que la mitjana mesurada per a l'illa de Mallorca durant els darrers 22 anys (Fiol *et al.,* en premsa) ha estat de 13,5 g m^{-2} a^{-1}, és a dir, que en un sol episodi s'hauria cobert la mitjana anual de deposició. I encara més si tinguéssim en compte que valors mitjans de deposició durant el període 1983-1989 tan sols donava taxes de 4,46 g m^{-2}. Aquests valors són en qualsevol cas sensiblement superiors a dades aportades per altres autors per altres àrees de la Mediterrània (Nihlèn i Olson, 1995; Rapp, 1984; Avila, 1999; Le Bolloch *et al.,* 1996; Bergametti *et al.,* 1989; etc.).

Totes aquestes dades, s'afegirien a la idea aportada per Quereda *et al.* (1996) i Fiol *et al.* (en premsa) de que hi ha una tendència no tan sols a l'increment del nombre d'episodis de pluges de fang en els darrers anys, sinó també a l'increment del volum del material dipositat.

Referent a les dades mineralògiques, tan sols s'ha de destacar l'increment del percentatge dels minerals de les argiles (Taula 2) que superen el 30% en conjunt amb respecte als valors mitjans de les mostres recollides durant el període 1983-2003, i que s'ha de relacionar directament en la mitjana de la mida de gra, doncs són les mides més petites les que es corresponen amb els minerals de les argiles. La resta presenten valors similars essent el quars el mineral principal seguit dels carbonats. Els minerals de les argiles són pràcticament els mateixos indicant per tant un àrea font similar.

Agraïments

Desitgem agrair la col·laboració prestada per Emilio Ramos, Joan Cifre en les anàlisis granulomètrica i de difracció de raigs X respectivament. Aquest treball ha estat parcialment finançat pel projecte de recerca de la DGI, BTE2002-04552-C03-02.

Bibliografia

Ávila, A. 1999. Las lluvias de barro y el transporte y deposición de material sahariano sobre el nordeste de la península Ibérica. *Orsis,* 14, 105-127.

Bergametti, G., Dutot, A.L., Buat-Ménard, P., Losno, R. i Remoudaki, E. 1989. Seasonal variability of the elemental composition of atmospheric aerosol particles over the North-western Mediterranean. *Tellus* 41B, 353-361.

Fiol, Ll. A., Guijarro, J.A. i Fornós, J.J. 2001. Las lluvias de barro en el Mediterráneo Occidental: El caso de Mallorca. *Revista de Climatología,* 1: 7-20.

Fiol, Ll. A. i Guijarro, J.A. 2000. Esfèrules de pols eòlica, un tipus peculiar de deposició seca a la ciutat de Palma (Mallorca). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears,* 43: 131-138.

Fiol, Ll. A., Fornós, J.J., Gelabert, B. i Guijarro, J.A. (en premsa). Dust rains in Mallorca (Western Mediterranean): their occurrence and role in some recent geological processes. *Catena.*

Fornós, J.J., Crespí, D. i Fiol, Ll. A. 1997. Aspectes mineralògics i texturals de la pols procedent de les pluges de fang a les Illes Balears: la seva importància en alguns processos geològics recents. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears,* 40: 113-122.

Friedmann, G.M. i Sanders, J.E. 1978. *Principles of sedimentology.* Wiley, New York.

Hardy, R. i Tucker, M. 1988. X-ray powder diffraction of sediments. *In:* Tucker, M., (ed.) *Techniques in sedimentology.* Blackwell, pp. 191-228.

Le Bolloch, O., Guerzoni, S. i Molinaroli, E. 1996. Atmosphere-ocean mass fluxes at two coastal sites in Sardinia 39-41 degrees N, 8-10 degrees E. In: Guerzoni, S., Chester, R. (Eds), *The Impact of Desert Dust Across the Mediterranean.* Kluwer Academic Publishing, Dordrecht, 217-222.

Nihlén, T., Olsson, L. 1995. Influence of eolian dust in soil formation in the Aegean area. *Z. Geomorph. N.F.* 39, 341-361.

Quereda, J.J., Olcina, J. i Montón, E. 1996. Red dust rain within the Spanish Mediterranean Sea. *Climatic Change*, 32: 215-228.

Rapp, A. 1984. Are terra rossa soils in Europe eolian deposits from Africa?. *Geologiska Föremingers in Stockolm Förhandlingar*, 105: 161-168.